



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101148760 B

(45) 授权公告日 2010.07.21

(21) 申请号 200610116413.1

(22) 申请日 2006.09.22

(73) 专利权人 苏州大学

地址 215123 江苏省苏州市苏州工业园区仁爱路 199 号

(72) 发明人 石世宏 傅戈雁 王安军 张赞 朱鹏飞 胡进

(74) 专利代理机构 苏州创元专利商标事务有限公司 32103

代理人 陶海锋

(51) Int. Cl.

C23C 24/10 (2006.01)

B23K 26/34 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1814380 A, 2006.08.09, 全文.

CN 1814391 A, 2006.08.09, 全文.

CN 1142794 A, 1997.02.12, 全文.

CN 1255411 A, 2000.06.07, 全文.

US 5418350 A, 1995.05.23, 全文.

JP 特开 2005-219060 A, 2005.08.18, 全文.

审查员 孙玉静

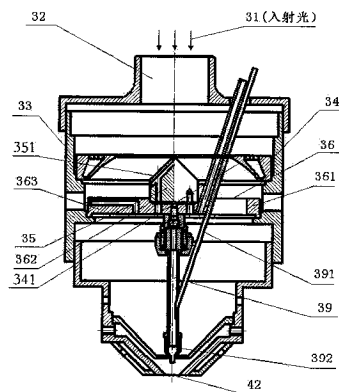
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

激光加工成形制造光内送粉工艺与光内送粉喷头

(57) 摘要

一种激光加工成形制造光内送粉工艺与光内送粉喷头,通过圆锥反射镜——圆环形聚焦反射镜扩束变换的方法,获得了圆环锥形聚焦光束,使投射至加工表面的聚焦光束中产生一较大中空无光区。单根送粉管由光束外伸入此圆环锥的无光区中并与光束同轴线。粉末通过送粉管垂直送入加工面上的聚焦光斑中,实现“光内送粉”。本发明光路变换后为同轴光路,聚焦性能好,光粉耦合精度高;反射镜面无缺口,光能损失小;圆环锥形聚焦光束中空体积大,便于安装送粉管和更换不同大小喷嘴;送粉管垂直或近于垂直安装,有利于采用重力送粉。本发明用于金属件激光熔覆快速成形、激光表面加工制造、激光焊接与特种连接、激光修复与再制造等场合。



1. 一种激光加工成形制造光内送粉工艺,其主要工艺方法为:

通过光路变换,将由激光器发射出的圆截面光束变换为圆环形截面光束,将所述圆环形截面光束扩束后,聚焦成为圆环锥形聚焦光束,在加工表面形成一圆环形聚焦光斑,在圆环锥形聚焦光束中产生一锥形中空无光区,单根送粉管由光束外伸入此中空无光区内并与圆环锥形聚焦光束同轴线,送粉管中的粉末在气载或重力作用下送入加工表面上的聚焦光斑中,粉末在喷射或下落过程中,始终位于圆环锥形聚焦光束内部的中空无光区内,直至接近加工表面,粉末进入聚焦光斑,粉末在加工表面形成的粉斑外径位于圆环形聚焦光斑的内光环与外光环之间。

2. 如权利要求 1 所述激光加工成形制造光内送粉工艺,其特征在于:通过离焦方式改变聚焦光斑直径,通过改变送粉管出口直径调节粉末直径,进而调节粉末落在加工表面的粉斑大小,聚焦光斑外光环直径为粉斑直径的 1.1 ~ 1.5 倍。

3. 一种激光加工成形制造光内送粉喷头,含筒体、圆锥镜定位盘、圆锥反射镜、圆环形反射聚焦镜和送粉管,筒体上方有入光口,筒体下方有出光口,其特征在于:圆锥镜定位盘有外环和内环,外环、内环之间至少用二根筋条连接,外环固定于筒体内壁,内环上固定圆锥反射镜,圆锥反射镜的镜面朝向筒体上方的入光口,在筒体内还固定有圆环形反射聚焦镜,反射聚焦镜的镜面背向所述入光口,与圆锥反射镜的镜面相对,朝向筒体下部出光口,所述圆锥镜定位盘、圆锥反射镜、圆环形反射聚焦镜均与筒体同轴线安装,筒体内安装了送粉管,送粉管的上端伸出筒体外壁,送粉管的下部与筒体同轴安装,位于所述圆锥镜定位盘的下方,送粉管下端出口靠近筒体出光口。

4. 如权利要求 3 所述激光加工成形制造光内送粉喷头,其特征在于:所述送粉管上端与筒体轴线成一角度,穿过圆锥反射镜与圆环形反射聚焦镜之间的经扩束的光束而伸出筒体外。

5. 如权利要求 3 所述激光加工成形制造光内送粉喷头,其特征在于:所述送粉管为 L 形,其水平段从筒体侧面进入后,安装于某一筋条的下方,水平段的宽度小于筋条宽度。

6. 如权利要求 3 或 4 所述激光加工成形制造光内送粉喷头,其特征在于:所述送粉管上端迎光面涂镀有吸光材料,送粉管内部有冷却水道。

7. 如权利要求 3、4 或 5 所述激光加工成形制造光内送粉喷头,其特征在于:所述筋条迎光面涂镀有吸光材料,内部有冷却水道。

8. 如权利要求 3、4 或 5 所述激光加工成形制造光内送粉喷头,其特征在于:所述送粉管下端安装不同大小规格的喷嘴。

激光加工成形制造光内送粉工艺与光内送粉喷头

技术领域

[0001] 本发明属于激光加工领域,具体涉及激光加工成形制造光内送粉工艺及实现该工艺的光内送粉喷头。

背景技术

[0002] 激光加工成形制造科学与技术,是利用聚焦高能激光束进行高性能金属零部件特种加工、高性能材料制备及高性能零部件直接成形制造的一门新兴的多学科交叉工程科学技术,是先进制造技术的重要组成部分,是该学科领域中的国际前沿研究方向。目前处于前沿研究领域的先进激光加工成形制造技术主要有:(1)基于快速凝固激光材料制备与材料添加制造的金属结构件激光熔覆快速成形技术;(2)提高零件表面材料性能与赋予零件表面特殊功能的激光表面加工制造新技术;(3)难加工高性能材料的激光制备、激光焊接与特种连接技术;(4)重要关键零部件的激光修复与再制造。

[0003] 在上述几种先进激光加工成形制造技术中,有一个共同的关键技术,即将激光和被熔材料同步传输至加工成形位置,并使金属材料连续、准确、均匀地投入加工面上按预定轨迹作扫描运动的光斑内,实现光粉精确耦合,以在小区域内瞬间进行光能与热能的转换,完成材料的快速冶金过程,此技术即光粉耦合的关键技术。

[0004] 在各种加工成形制造过程中,光斑和材料都需相对加工成形对象作二维或三维的运动,例如在激光熔覆快速制造的层片堆积过程中,金属粉末被不断实时添加到移动的有限尺寸的光斑中实现熔覆并形成一条条熔道,而这一条条熔道本身及各熔道之间的连接质量,如熔道间的冶金结合质量,组织的均匀性和致密度,熔道及熔道之间的平整、光滑、粗糙度等,取决于光源质量和参数、加工工艺参数、基体与粉末材料参数等。其中,在许多情况下相邻熔道之间注入的能量不足,是造成熔道之间的结合质量和几何质量不高的重要原因之一。

[0005] 国内外现行的送粉法大多数为多粉管同轴送粉法。现有送粉装置中比较先进的各种同轴送粉头,如美国专利(US5418350;US5477026;US5961862)、欧洲专利(WO2005028151)、日本专利(JP2005219060)等,其基本结构均采用多层同心锥筒形式。文献《中国材料工程大典第25卷》(王至尧主编,北京:化学工业出版社,2006)综合了国内外现有同轴送粉技术,各种送粉方式均采用在筒体上围绕中心光路呈倾斜布置环形通道,或3~8路倾斜送粉喷头环绕光路中心同轴均匀布置的结构方案,送粉时需均分粉量给各喷头,多路粉末相对光束倾斜喷射,并在加工表面汇聚于光斑之中。

[0006] 綜上述,现有送粉方式均为从光束外部多粉管倾斜同轴送粉方式,送粉效果如图1。其不足之处在于:

[0007] (1)粉末由倾斜送粉喷嘴13喷出,粉粒离开喷嘴后的运动方向受到本身惯性力、气载压力、重力的影响,在运动过程中又可能受到保护气和光压的作用,它们对粉粒的作用方向不完全一致,故粉粒呈抛物线状下落,不同粒度和形状的粉粒受各粉管内的流动性、送粉量及均匀性等参数波动变化的影响,各粉粒惯性、在空中的运动轨迹和落点也会不一致,

这些都造成粉粒跌落区域变大和波动。此外,由于是多粉道倾斜喷粉,其各自体位、均分粉量误差、喷射力度的均匀、对称性等不尽一致,使汇聚精度很难稳定。在粉粒运动过程中,有的粉粒落入光斑,但进入光束后的密度分布不均匀,有的粉粒则未进入光束就跌落,还有的可能穿过光束吸热后又跌落并粘接在熔池旁的熔道上,在熔池侧旁烧结成泪珠状。

[0008] (2) 多粉管喷射出的多束粉末 10 由光束 11 外呈抛物线状射入光束中,然后再落入光斑中并形成熔池,由于多束粉末都是由光束外部进入光束,故实际粉束直径远大于光束,粉束在落入光斑前先与光束发生干涉,对光束产生吸收和漫反射,使光束照射至加工表面上的光斑光强大大减弱,特别造成本熔道 12 与临近熔道 14、15 之边界注入的能量不足,造成边界熔合不好,光滑平整度不好,内部缺陷增多,边界还极易附着由于粉末熔融不足形成的烧结颗粒。对于三维快速成形件,其侧壁 16 由于上下熔道间熔合不好,明显显现出不平整,表面粗糙和可见的未熔合颗粒。

[0009] (3) 粉末散落度大,加上有的粉粒入光路径较长或颗粒太细会造成烧损,故粉末利用率低,环境污染大。

[0010] 本申请人已申请的专利(200510112041.0;200610024264.6)提出了将送粉喷头光路中的反射镜设计为带开口,开口处的光束由吸收体吸收,开口区外的光束继续反射并在聚焦镜与其焦点之间形成一中空锥形聚焦光束,单根送粉管可以放置在聚焦光束中心的无光区而不会受到激光束的照射,实现了粉管中心与光束中心完全重合,粉束在环形光束中沿光束中心线方向垂直喷射到加工表面的聚焦光斑中,与以前的激光加工多粉管倾斜同轴送粉装置相比,大大提高了粉末的均匀性和汇聚度。但是,以上两种光路中的反射镜都设计为带开口,激光入射到反射镜开孔处的光能被后方的吸收体吸收后即被损失掉,且开口正好位于光束中心能量密度较大的区域,故损失的光能较大。另外,通过反射镜面开口形成的中空无光区较小,不便于较粗大送粉管的安装和调节。

发明内容

[0011] 需要一种新的同轴送粉工艺及装置,粉束在下落过程中不过早与光束发生干涉;粉末入光分布均匀,扩散度小;加工熔道与已加工的临近熔道之间特别是搭接处具有足够的光束能量输入;光束与粉束耦合精确,其光束反射和聚焦光路中能量损失小,光束中心中空区较大以便于安装较粗大的送粉管,实现同轴送粉。

[0012] 本发明的激光加工成形制造光内送粉工艺,其主要工艺方法为:

[0013] 通过光路变换,将由激光器发射出的圆截面光束变换为圆环形截面光束,或由非稳腔激光器输出圆环形截面光束,将所述圆环形光束扩束后,再聚焦成为环锥形聚焦光束,在成形加工表面形成一圆环形聚焦光斑。经上述光路变换后在所述圆环锥形聚焦光束中形成了一个锥形中空的中空区,送粉管由光束外伸入此中空区内并与圆环锥形聚焦光束同轴。送粉管中的粉末在气载或重力作用下在光束中空区与光束同轴送入加工面上的聚焦光斑中。粉末在喷射或下落过程中,始终位于圆环锥形聚焦光束内部的中空区内,直至接近工件表面,粉束才进入光束,落入聚焦光斑中。粉束落在工件表面形成的粉斑外径位于环形聚焦光斑的内环与外环之间。聚焦光束大于粉束的部分不受粉粒干涉。

[0014] 粉束落在工件表面上的粉斑直径的大小通过改变送粉管出口直径进行调节,聚焦光斑直径的大小通过离焦方式调节。聚焦光斑外环直径调整为略大于粉斑直径,前者为后

者的 1.1 ~ 1.5 倍。

[0015] 本发明的光路变换与光内送粉工艺由激光加工成形制造光内送粉喷头实现。光内送粉喷头由筒体、圆锥镜定位盘、圆锥反射镜、圆环形反射聚焦镜、送粉管等组成。筒体上方有入光口，筒体下方有出光口。圆锥镜定位盘由外环和用至少二根筋条与之连接的内环构成。外环固定于筒体内壁，内环上固定一圆锥反射镜，圆锥反射镜的镜面朝向筒体上方的入光口。在圆锥镜定位盘上方筒体内固定一圆环形反射聚焦镜，反射聚焦镜的镜面背向所述入光口，与圆锥反射镜的镜面相对，并朝向筒体下部出光口。所述圆锥镜定位盘、圆锥反射镜、圆环形反射聚焦镜均与筒体同轴线安装。筒体内安装了送粉管，送粉管的上端伸出筒体外壁，送粉管的下端位于所述圆锥镜定位盘的下方，与筒体同轴安装，送粉管下端出口靠近筒体出光口。

[0016] 送粉管上端与筒体轴线成一角度，穿过圆锥反射镜与圆锥镜定位盘之间的环形空间而伸出筒体外，其迎光面涂镀有吸光材料，内部有冷却水道。送粉管还可为 L 形，其水平段从筒体侧面进入后，安装于连接圆锥镜定位盘内、外环的某一筋条的下方，且其宽度小于筋条宽度。所述筋条迎光面涂镀有吸光材料，内部有冷却水道。

[0017] 送粉管下端装有可安装不同大小规格的喷嘴。

[0018] 光内送粉喷头工作原理为：由激光器发射的圆形或环形截面的激光束由送粉喷头筒体入光口沿筒体轴线进入筒体内，入射至安装在圆锥镜定位盘内环上的圆锥反射镜镜面上，然后通过圆锥镜面反射并扩束，扩束后的激光束入射至安装在筒体内的圆环形反射聚焦镜镜面上，然后形成圆环形光束并反射至筒体出光口外某处聚焦。这样在焦点和圆环形反射聚焦镜之间形成一圆环锥形光束，此光束中部形成一圆锥形中空无光区。单根送粉管由筒体上部或侧面进入光束中部的圆锥形中空无光区，然后转向与聚焦光束同轴。送粉管下部可安装不同口径的喷嘴。工作时由外部送粉器提供的粉末进入送粉管，再送入粉嘴并由粉嘴喷出至聚焦光斑中心。

[0019] 采用本发明光内送粉工艺与光内送粉喷头可达到以下有益效果：

[0020] (1) 因粉束在光束中心，可实现光斑略大于粉斑工艺，使本熔道侧旁和下方的前熔道搭接相邻部分直接受激光照射而受热，使熔道搭接处实现良好熔合，减少搭接区的热应力，避免裂纹等缺陷出现。熔道和熔道间的热过渡熔合作用，使平行侧旁熔道之间或上下熔道之间（多道表面形成成形件表面和侧壁）的结合质量和平整度都能得到提高，熔道间的平整光滑度得到改善，多余的烧结泪珠状颗粒减少，粗糙度降低。

[0021] (2) 单粉束垂直下落所受自身惯性力、气载压力、重力的作用方向一致、运动轨迹为直线状，粉束中心线与光轴始终重合，单束粉垂直下落至加工面上的光斑中，准确且发散角小，粉束截面上粉粒密度分布均匀。

[0022] (3) 单束粉末在环形光中空区下落过程中，处于光束内部而不与光束发生干涉，不会在光束上部进入光束而造成挡光，也不会穿越光束而落出光斑之外。粉束在环锥形聚焦光束的近光斑处才进入光束，入光时间短，烧损小，粉末利用率大大提高。

[0023] (4) 通过圆锥反射镜—圆环形反射镜获得的环形光束，实现了扩束。光路中的圆环锥形聚焦光束中空体积大，便于安装刚性好的粗大送粉管，便于粉管的对中调节，便于更换不同大小喷嘴和喷出粗细不同的粉末。扩束后的光束能量密度降低，送粉管、筋条等遮光部分损失的能量也小。所有反射镜面均不开缺口，降低了入射至反射镜面的上光能损失。

[0024] (5) 光路变换后为同轴光路,圆锥形反射镜和圆环形反射聚焦镜的镜面中心线与入射光、出射聚焦光均同轴线,聚焦性能好,光粉耦合精度高。

附图说明

[0025] 图 1 为现有技术中光外多粉管倾斜同轴送粉工艺示意图;

[0026] 图 2 为本发明激光加工成形制造光内送粉工艺示意图;

[0027] 图 3 为激光加工成形制造光内送粉喷头结构图;

[0028] 图 4 为具有 L 形送粉管的光内送粉喷头结构图。

具体实施方式

[0029] 应用实施例一:

[0030] 参照图 2、图 3。由激光器发射出的圆截面激光束(或由非稳腔激光器输出的环形截面激光束)31 投射在圆锥反射镜 35 的镜面 351 上,再反射至圆环形反射聚焦镜 34 的镜面 341 上,变换为中空圆环形截面光束,将所述圆环形光束聚焦,成为圆环锥形聚焦光束 21,聚焦光束 21 具有内光环 211 和外光环 212,投射至熔覆加工表面后形成一圆环形聚焦光斑。通过上述圆锥反射镜——圆环形聚焦反射镜光路变换在聚焦光束中产生了一圆锥形中空无光区 22,送粉管 39 由光束外伸入无光区 22 内并与聚焦光束 21 同轴线。送粉管 39 中的粉末 23 在气载或重力作用下送入成型加工面上的圆环形聚焦光斑中。粉末在下落过程中,始终位于聚焦光束内部的中空区 22 内,直至焦点附近进入光斑,粉末外径落在聚焦光斑的内光环 211 与外光环 212 之间,实现光粉精确耦合,在瞬间进行光能与热能的转换,完成材料的熔覆过程。

[0031] 图 3 所示激光加工成形制造光内送粉喷头,包含筒体 33、圆锥镜定位盘 36、圆锥反射镜 35、圆环形反射聚焦镜 34、送粉管 39 等几部分。筒体上方有入光口 32,筒体下方有出光口 42。圆锥镜定位盘 36 由外环 361、内环 362 构成轮辐状,外环、内环之间至少用二根筋条 363 连接。外环 361 固定于筒体 33 内壁,内环 362 上固定一圆锥反射镜 35,圆锥反射镜的镜面 351 朝向筒体上方的入光口 32,在筒体 33 内固定一圆环形反射聚焦镜 34,反射聚焦镜 34 的镜面 341 背向所述入光口 32,与圆锥反射镜的镜面 351 相对。所述圆锥镜定位盘 36、圆锥反射镜 35、圆环形反射聚焦镜 34 均与筒体 33 同轴线配合安装。所述圆锥镜定位盘 36 的下方还与筒体 33 同轴安装有送粉管 39,送粉管 39 的上端 391 与筒体轴线成一角度,从圆锥反射镜 35 与圆环形反射聚焦镜 34 之间的经扩束的光束中间穿过而伸出筒体外。送粉管 39 的上端 391 迎光面上涂镀吸光材料以增加吸光率,并在内部开设冷却水道以实施冷却。送粉管 39 的下端出口靠近筒体下方出光口 42。送粉管 39 的下端可安装不同大小规格的喷嘴 392,以适应输出不同大小粉束的需要。本实施例因送粉管上端倾斜布置,既适合气载送粉,也适合重力送粉。

[0032] 应用实施例二:

[0033] 在实施例一中,通过改变送粉管 39 的出口大小调节粉束落在工件表面上的粉斑直径,通过改变工件相对焦点的轴向距离,即通过离焦方式改变聚焦光斑直径。对聚焦光斑和粉斑的直径进行调整,使聚焦光斑外光环直径略大于粉斑直径。一般情况下,聚焦光斑的外光环直径为粉斑直径的 1.1 ~ 1.5 倍。工艺过程中因光斑略大于粉斑,光斑大于粉斑部

分在聚焦光束中不受粉粒干涉,使本熔道侧旁和下方的前熔道搭接相邻部分直接受激光照射而受热,可降低熔融过程中本熔道与加工后临近熔道间的温度梯度,使熔道搭接处实现良好熔合,减少搭接区的热应力,避免裂纹等缺陷出现。熔道和熔道间的热过渡熔合作用,使水平熔道 24 和垂直熔道 25 之间的结合质量得到改善,多余的烧结泪珠状颗粒减少;侧壁 26 的平整光滑度提高,粗糙度降低。

[0034] 应用实施例三:

[0035] 在实施例一或实施例二中,将所述送粉管 39 用 L 形送粉管 39' 替代,如图 4。其水平段 391' 从筒体侧面进入,安装于某一筋条 363 的下方,其宽度小于筋条宽度,光束能量由筋条遮挡并吸收。所述筋条暴露在经扩束的光束中,其表面涂镀有吸光材料,内部有冷却水道。本实施送粉管呈 L 形,适合气载送粉。

[0036] 应用实施例四:

[0037] 如图 3,在送粉管 39 的下端,采用螺纹连接不同出口直径的喷嘴 392。

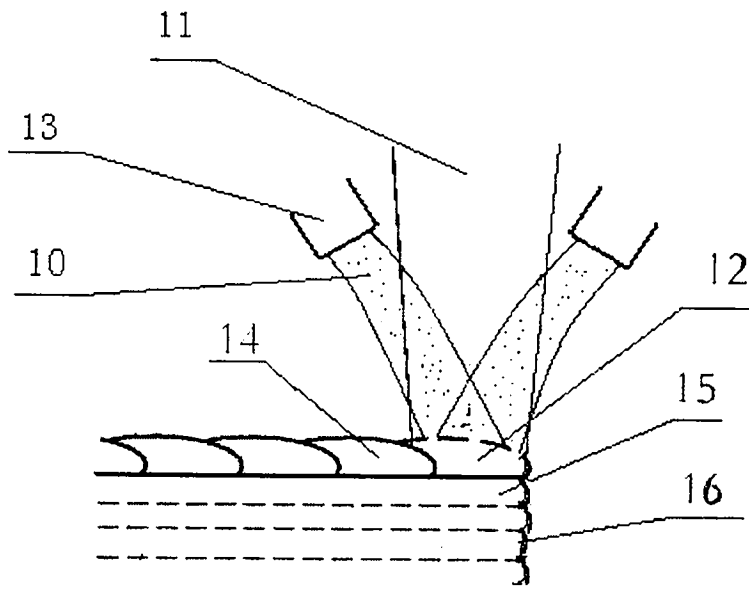


图 1

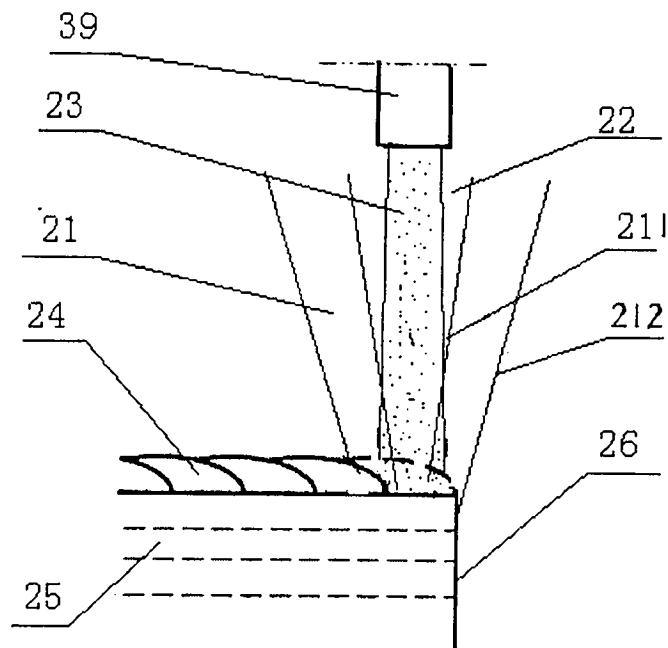


图 2

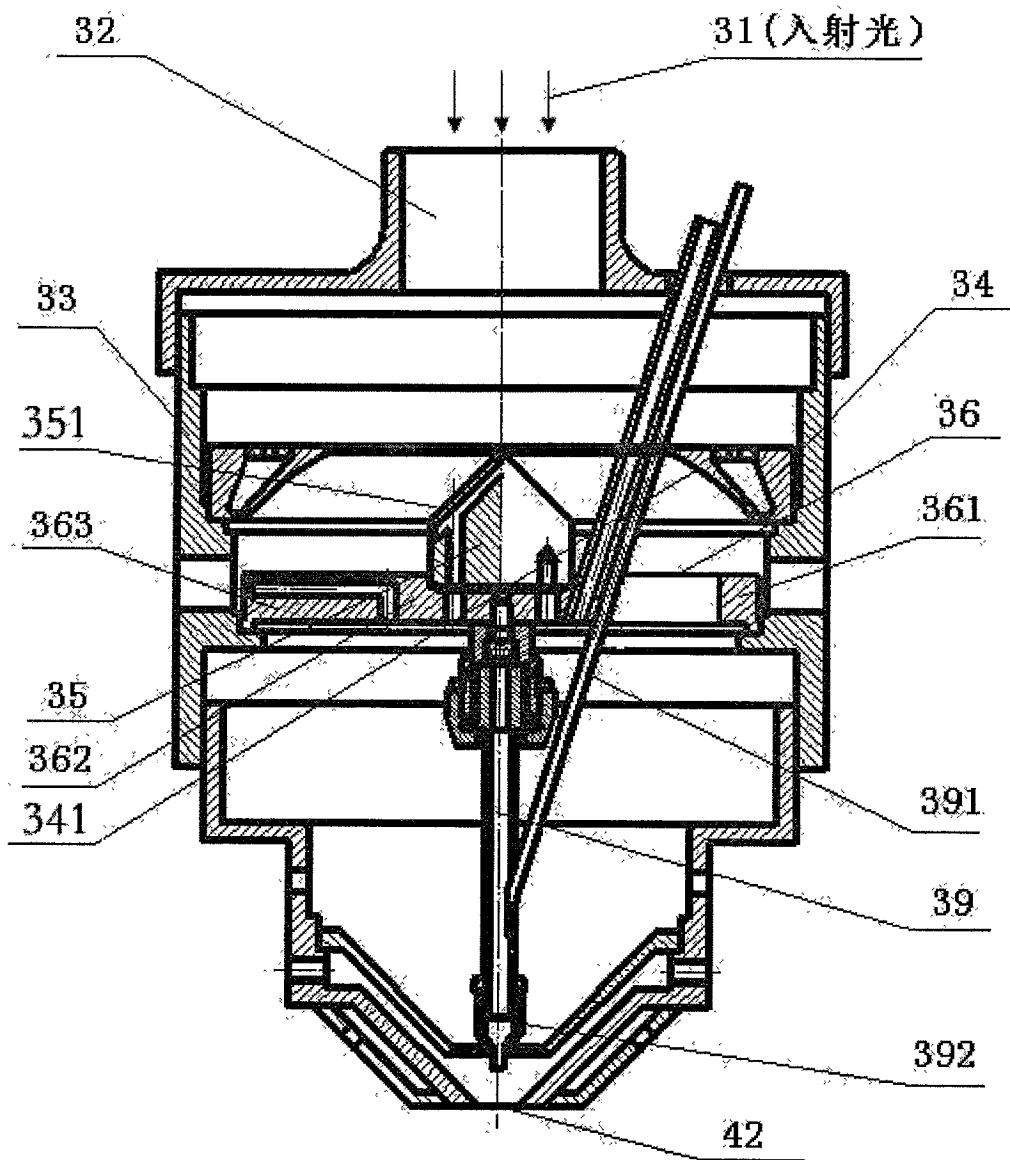


图 3

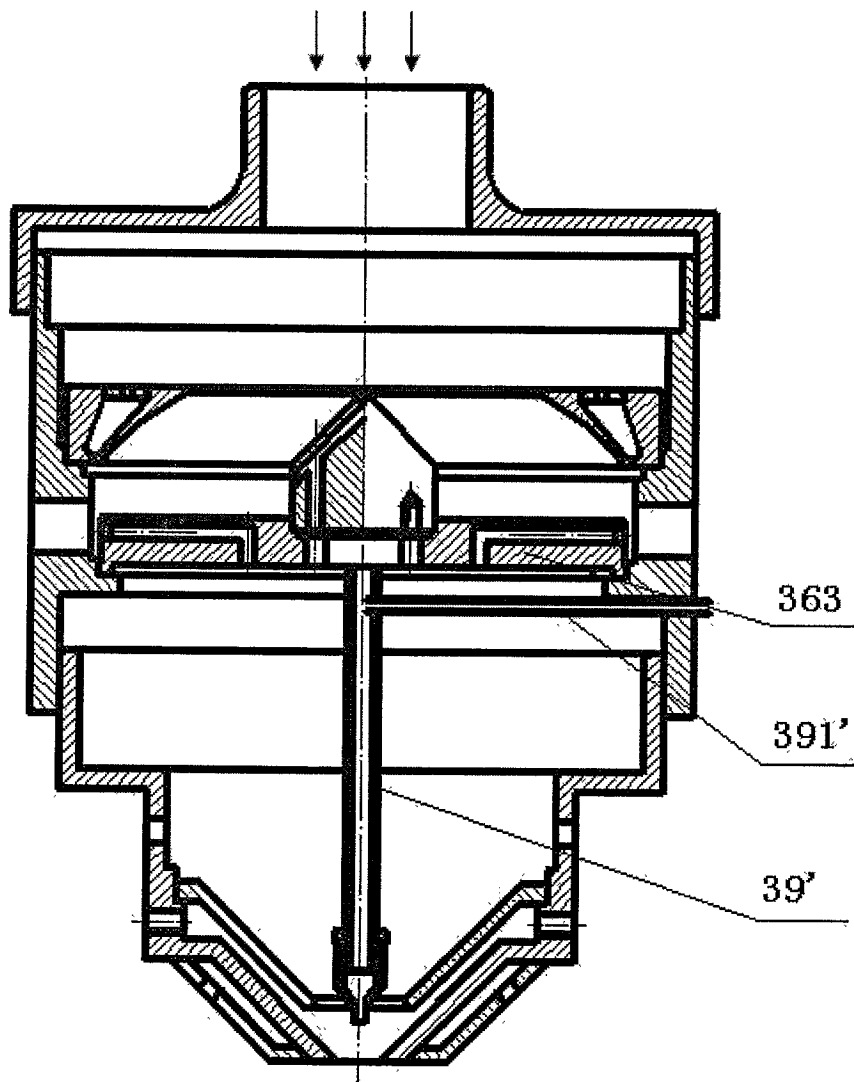


图 4